

# **VULNERABILIDAD SOCIAL Y RIESGO HÍDRICO EN EL GRAN LA PLATA. PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA.**

**María Isabel Andrade, Nora Claudia Lucioni, David Schomwandt <sup>\*\* 1 2</sup>**

## **Resumen:**

El riego es una construcción social. Esto no ha sido tenido suficientemente en cuenta en la gestión de áreas con riesgo recurrente de excesos o déficit hídricos. Por otra parte, la vulnerabilidad social se define por las condiciones sociales, económicas, culturales e institucionales de una sociedad, previas a la ocurrencia de un evento catastrófico que la predispone para sufrir o evitar daños.

Las consecuencias que dejó el temporal ocurrido el 2 de abril de 2013 cuando precipitaron sobre el área de la Ciudad de La Plata y sus alrededores aproximadamente unos 400 mm de los cuales 313 mm lo hicieron en tan sólo seis horas se cobró 60 vidas (cifra oficialmente reconocida por las autoridades), 357.500 ciudadanos damnificados, lo que equivale a más del 55 por ciento del total de la población del partido de La Plata y 2.600 millones de pesos en pérdidas materiales.

Este fenómeno supone la presentación de alternativas de manejo del riesgo hídrico que tenga en cuenta las condiciones de recurrencia de las inundaciones e identificar los grupos sociales con algún nivel de necesidades básicas insatisfechas que se encuentran vulnerables a la recurrencia de estos eventos. Para ello, se propone una metodología capaz de alertar a los actores involucrados sobre el estado de criticidad de las áreas identificadas como más vulnerables mediante la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que posibilitan integrar la información estadística a nivel de radio censal proveniente del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 con productos provenientes del procesamiento digital de imágenes satelitales.

**Palabras claves:** vulnerabilidad, SIG, riesgo hídrico, sensores remotos.

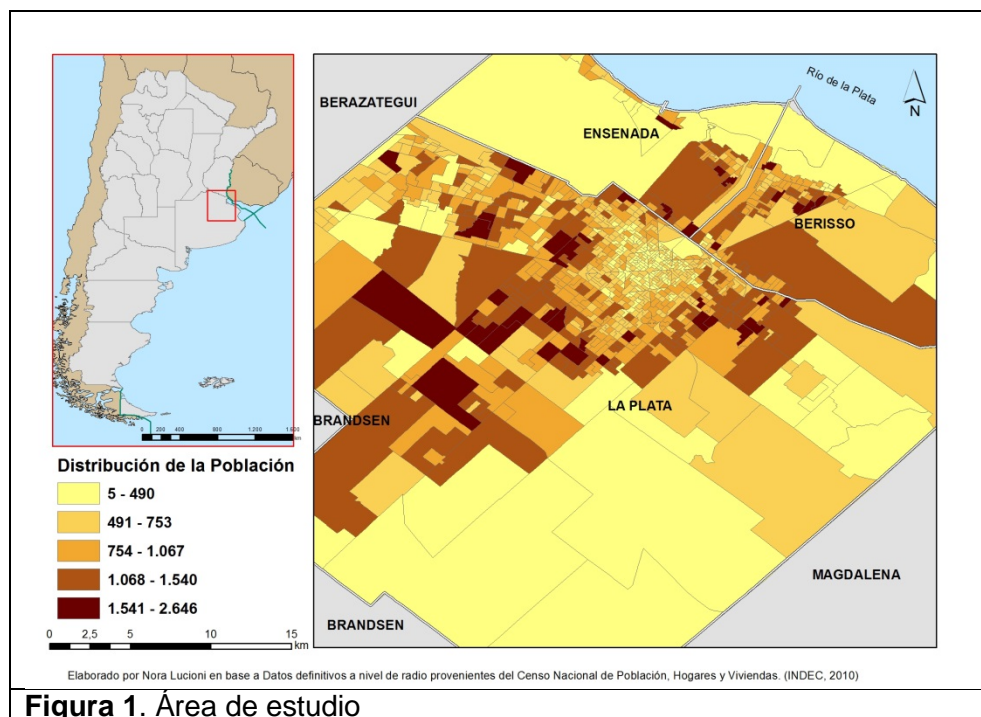
---

<sup>1</sup> \*\* Universidad Nacional de La Plata. Centro de Investigaciones Geográficas. IdIHCS. Facultad de Humanidades y Ciencias de Educación.

<sup>2</sup> [miandrade1911@gmail.com](mailto:miandrade1911@gmail.com) / [noraclucioni@gmail.com](mailto:noraclucioni@gmail.com) / [schomwandt@gmail.com](mailto:schomwandt@gmail.com)

## Introducción

El área de estudio comprende el aglomerado de Gran La Plata, integrado por los Partidos de Berisso, Ensenada y La Plata, en la Provincia de Buenos Aires, Argentina (**Figura 1**).



**Figura 1.** Área de estudio

El marco de análisis de este trabajo, consiste en el tratamiento de las inundaciones desde la Teoría Social del Riesgo, según la cual se estudian los riesgos a determinados eventos "catastróficos" desde el reconocimiento que el abordaje realizado por la ciencia "normal" es insuficiente para el tratamiento de estas temáticas. Entendemos por ciencia "normal" aquella que responde al paradigma vigente. La visión reduccionista que ésta aplica deja afuera problemas importantes y/o manipula técnica o cuantitativamente variables de difícil cuantificación, como por ejemplo la incertidumbre (Funtowicz, 1994). La existencia de problemas ambientales reales, concretos, que afectan a una población real y concreta, suponen la búsqueda de herramientas metodológicas en un nuevo estilo de actividad científica que tenga en cuenta que lo "normal" puede ser la incertidumbre y la impredecibilidad.

La recurrencia del fenómeno de inundación en el área de estudio, no se debe sólo a causas naturales, sino también a factores antrópicos. Entre los factores naturales más relevantes se destacan: las características geomorfológicas, rasgos topográficos, el régimen de precipitaciones, topografía del terreno plana, de muy bajo gradiente de pendiente y suelos hidromorfos de muy baja permeabilidad. Entre los factores antrópicos, pueden citarse: impermeabilización de la superficie natural junto con las modificaciones en el drenaje natural, con la consecuente pérdida en la capacidad de captar y almacenar agua de lluvia de los suelos por deterioro físico; el diseño de una infraestructura vial, que canaliza el flujo de agua y que a su vez condiciona el movimiento del agua en superficie; y la construcción de canales de manera anárquica, sin un criterio integral sobre el funcionamiento hidrológico regional.

## Metodología

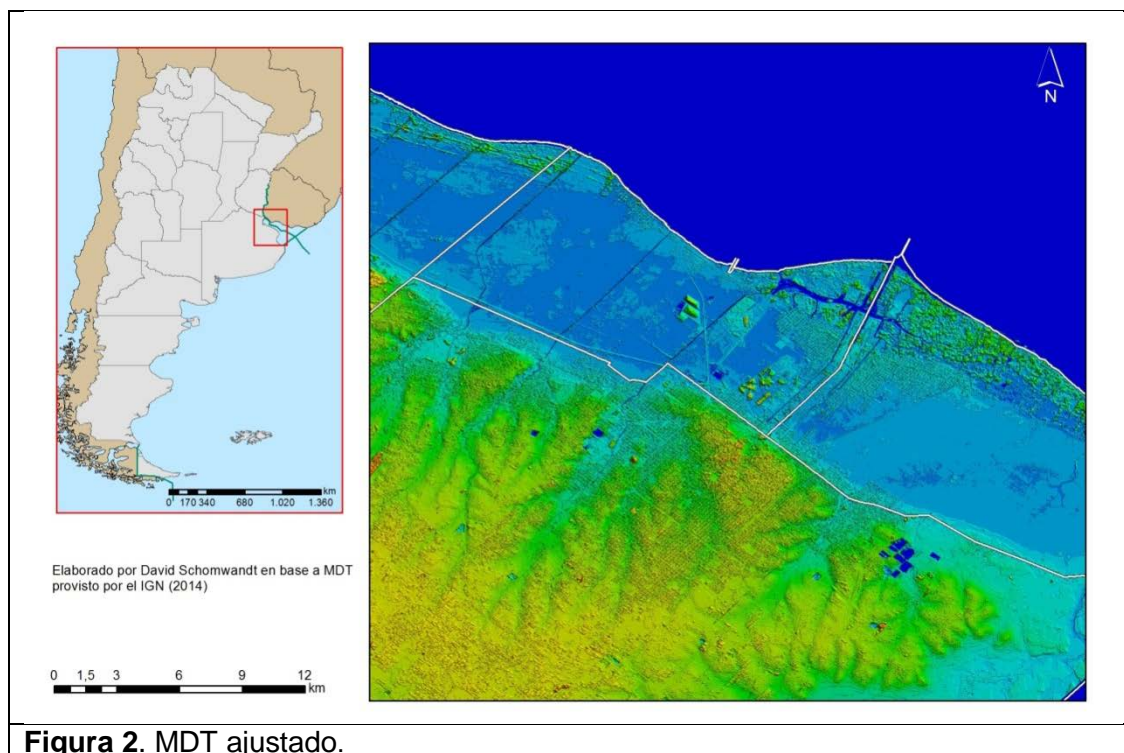
Las investigaciones más recientes que consideran a la cartografía del riesgo como herramienta en el análisis de la vulnerabilidad, se han centrado en definir, cuantificar y analizar la población expuesta a amenazas de índole ambientales (Andrade, 2009). La metodología que se expone en este trabajo pretende alcanzar la expresión cartográfica como herramienta útil en la valoración y gestión del riesgo al establecer una zonificación con la ayuda de la combinación de mapas de niveles de peligrosidad, vulnerabilidad y exposición. La línea de investigación que persigue en este trabajo considera a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en combinación con la teledetección, una herramienta fundamental al momento de desarrollar modelos de exposición y vulnerabilidad en el área de estudio.

La construcción de una cartografía preliminar de riesgo de inundación del Gran La Plata fue a partir del tratamiento de sus componentes básicos:

- Peligrosidad es el potencial de peligro inherente a los fenómenos naturales que puede agudizarse por acciones humanas. En este trabajo se identifica la peligrosidad teniendo en cuenta la red hidrográfica superficial, la altimetría del área, los usos de suelos y las obras de infraestructura que afectan el escurrimiento.
- Exposición: hace referencia a la distribución territorial de las personas y bienes que pueden verse afectados ante un evento catastrófico. La exposición precisa la interrelación entre peligrosidad y vulnerabilidad. Su construcción se elabora mediante la interpretación cartográfica y teledetección de usos de suelo y población afectada, para identificar áreas críticas.
- Vulnerabilidad: es la capacidad de hacer frente a un evento catastrófico. Se halla condicionada por la situación socioeconómica previa a la ocurrencia del evento.

## Materiales y Métodos

El trabajo se apoyó en información fotogramétrica proveniente del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Un producto fue el Modelo Digital de Terreno (MDT) de resolución espacial de 7 metros al cual fue ajustado espacialmente de acuerdo a las modificaciones (correcciones geométricas) de los datos de geolocalización del *Header*. Luego, el MDT fue cortado de acuerdo al polígono del área de interés, los Partidos de Gran La Plata. A partir del mismo, se obtuvo el modelo de dirección del flujo (*flow direction*) basado en la metodología descrita por Jenson *et al* (1988).



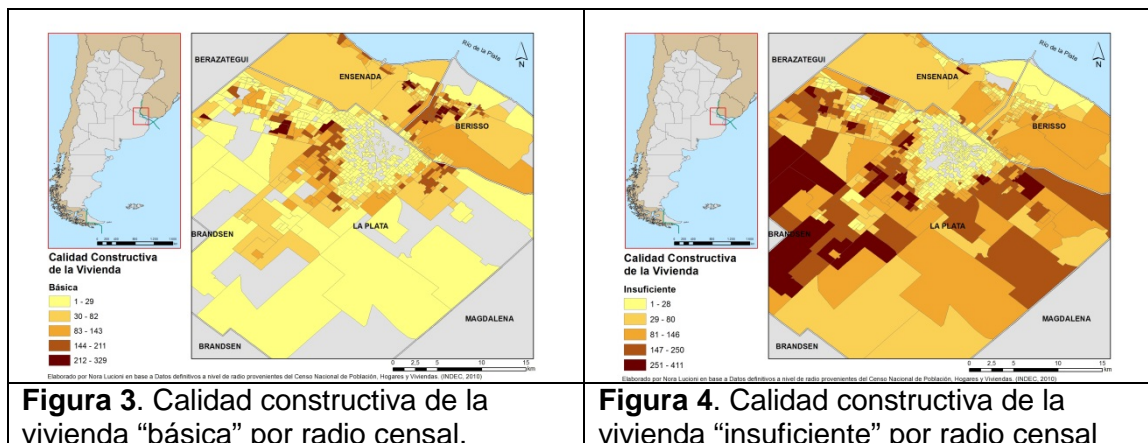
**Figura 2.** MDT ajustado.

El segundo producto provisto por el IGN fue un mosaico fotogramétrico, en color natural e infrarrojo, de 0,40 metros de resolución espacial. Este último sirvió como base para la construcción en detalle del entramado urbano ajustado por captura de puntos GPS en terreno. Una vez registrada la información vectorial se extrajeron los valores de altura del MDT y los valores de dirección de flujo, ambos coincidentes con las intersecciones de los ejes calles. De esta manera se excluyó la topografía edilicia, las alturas asociadas al proceso de verticalización de la ciudad y sólo se concentró en los valores de cotas del trazado vial urbano. Con ello se obtuvieron las variaciones topográficas y las direcciones de flujo de la totalidad del entramado urbano del Gran La Plata. Como sub productos se obtiene la red de drenaje relativa y las sub cuencas de drenajes correspondientes al MDT de cotas por intercepción de eje de calle.

Por otra parte, se gestionó la información geoespacial de radios censales actualizados al 2014 y se procesaron los datos provenientes del último Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 publicados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) con la finalidad de obtener una caracterización socioeconómica de la población con riesgo de inundación.

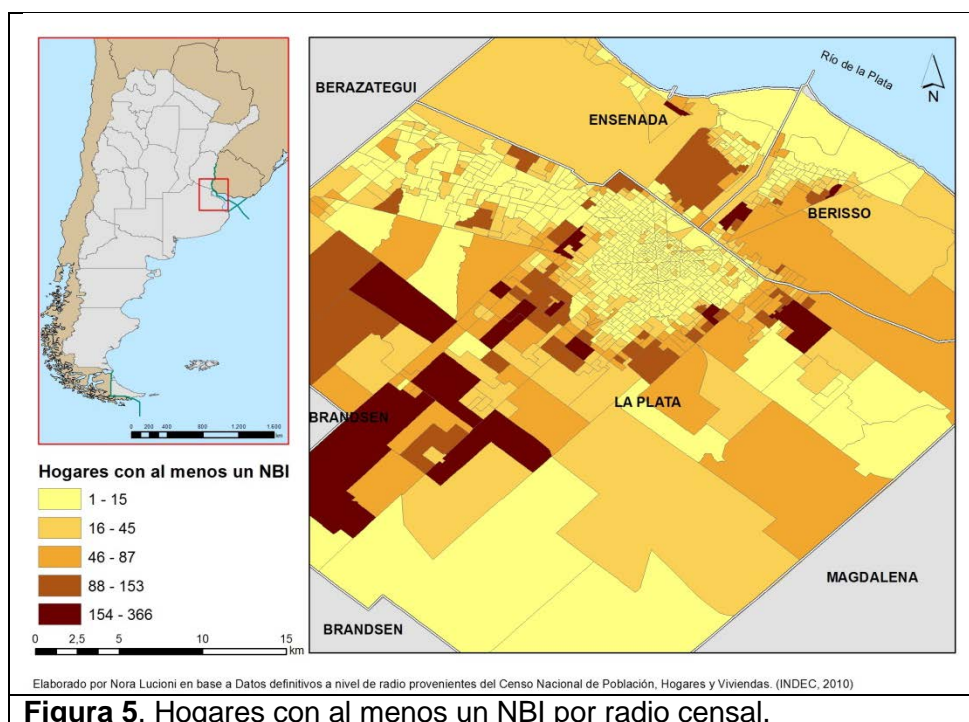
Específicamente se capturaron los indicadores sociodemográficos en el sistema REDATAM+SP para vincularlos a nivel de radio censal del aglomerado Gran La Plata para proceder a la ejecución de una serie de mapas que expresan indicadores sociodemográficos. Uno de los indicadores trabajados en la base de datos fue el de "Calidad constructiva de la vivienda". Este indicador se construye a partir de la calidad de los materiales con los que está construida la vivienda y las instalaciones internas a servicios básicos (agua de red y desagüe) de las que dispone. Los datos se encuentran clasificados por calidad satisfactoria, básica (**Figura 3**) e insuficiente (**Figura 4**). La categoría "Calidad satisfactoria" refiere a las viviendas que disponen de materiales resistentes, sólidos y con la aislación adecuada. A su vez también disponen de cañerías dentro de la vivienda y de inodoro con descarga de agua. La clasificación "Calidad básica", indica viviendas que no cuentan con elementos adecuados de aislación o tienen techo de chapa o fibrocemento. Al igual que el anterior, cuentan con cañerías dentro de la vivienda y de inodoro con descarga de agua. Mientras que las viviendas

clasificadas por “Calidad insuficiente” engloba a las viviendas que no cumplen ninguna de las 2 condiciones anteriores.



Otro indicador extraído del sistema REDATAM+SP fue el de hogares con al menos un indicador de NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas) como está expresado en la **Figura 5**. Es decir, se consideran hogares con NBI aquellos en los cuales está presente al menos uno de los siguientes indicadores de privación:

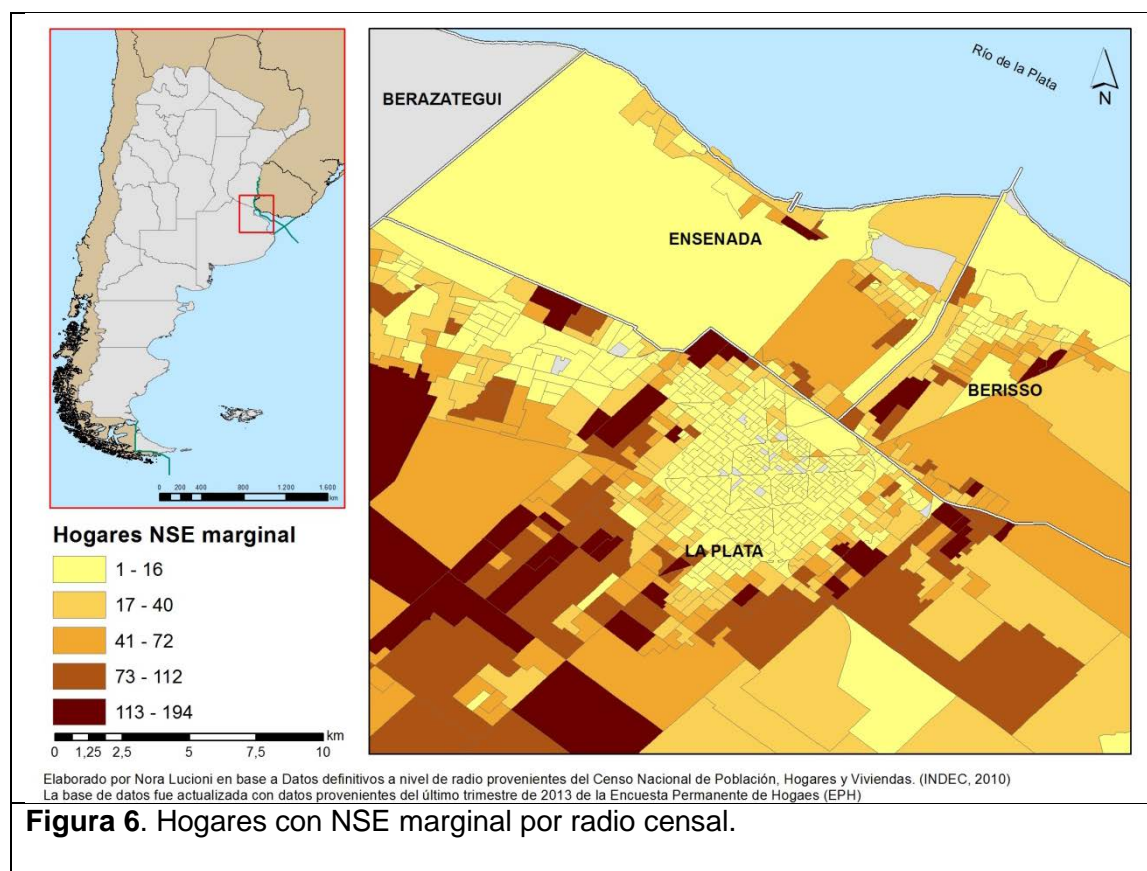
- 1) Hacinamiento: Hogares que habitan viviendas con más de 3 personas por cuarto (hacinamiento crítico); 2) Vivienda: Hogares que habitan en una vivienda de tipo inconveniente (pieza de inquilinato, vivienda precaria u otro tipo); 3) Condiciones sanitarias: Hogares que habitan en viviendas que no tienen retrete o tienen retrete sin descarga de agua; 4) Asistencia escolar: Hogares que tienen algún niño en edad escolar que no asiste a la escuela; 5) Capacidad de subsistencia: Hogares que tienen 4 ó más personas por miembro ocupado y en los cuales el jefe tiene bajo nivel de educación (sólo asistió dos años o menos al nivel primario).





Por último, la base de datos del censo fue actualizada con datos provenientes del último trimestre de 2013 de la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) con la finalidad de actualizarla a la fecha del último evento de inundación acaecido el 2 de abril de 2013. En este sentido la fusión de las dos bases de datos de información se obtiene un índice que combina la posición de las personas en las siguientes dimensiones: nivel educacional y ocupacional del principal sostén del hogar y de posesiones materiales del hogar. El nivel educacional mide el máximo nivel alcanzado por el principal sostén del hogar (PSH) en términos de ciclos de la educación formal: primario, secundario, terciario no universitario, universitario, postgrado. El nivel ocupacional mide la posición ocupacional en términos de una jerarquía de posiciones ocupacionales. Los tipos de ocupación se dividen en dos grandes grupos: cuentapropistas y en relación de dependencia. La primera categoría abarca trabajadores autónomos y empleadores de personal en empresas muy chicas, mientras que la segunda recorre todas las posiciones desde empleo doméstico hasta alta dirección, tanto del sector público como del sector privado. El índice asigna puntajes directamente relacionados con la jerarquía del tipo de trabajo que realiza el PSH. Las posesiones materiales consisten en un índice que incluye los siguientes ítems: televisión a control remoto, refrigerador con *freezer*, lavarropas automático, secarropas, equipo de video, *freezer* independiente, aire acondicionado, teléfono, computadora personal, tarjeta de crédito del PSH, automóvil. El índice otorga un puntaje a cada ítem excepto automóvil, y un puntaje separado a la posesión de automóvil.

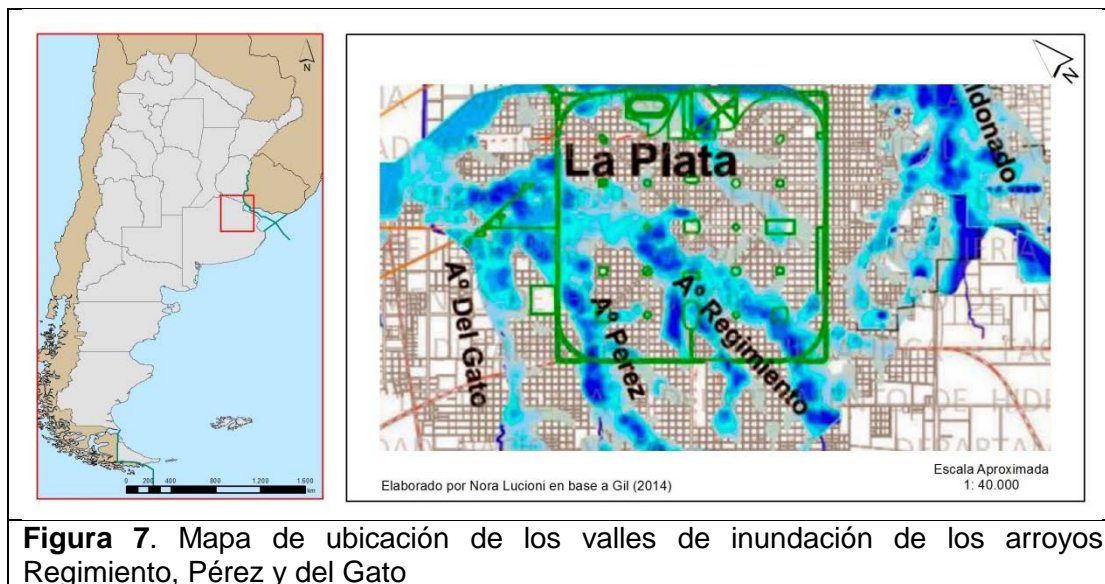
En la **Figura 6** se representaron los hogares con NSE marginal con la finalidad de relacionar su localización con los valles de inundación de valles de inundación de los arroyos Regimiento, Pérez y del Gato.



## Resultados

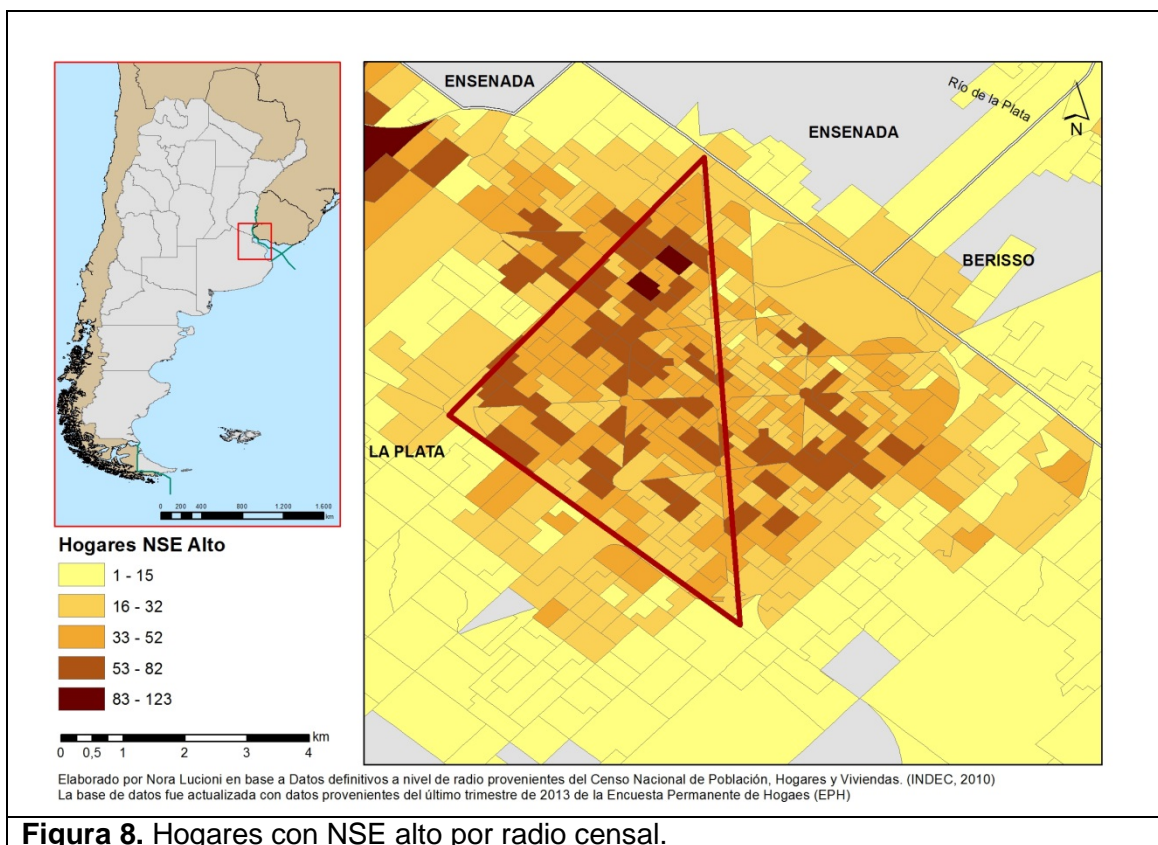
Mediante el procesamiento de los datos sociodemográficos del Censo (2010) y de la EPH (2013) se llegaron a los siguientes resultados:

- 1) La mayor cantidad de hogares con NSE marginal se encuentran localizados en los valles de inundación de los arroyos Regimiento, Pérez y del Gato (Figura 7)



**Figura 7.** Mapa de ubicación de los valles de inundación de los arroyos Regimiento, Pérez y del Gato

- 2) Aunque el último evento de inundación registrado el 2 de abril de 2013 afectó a hogares con alto NSE, principalmente el área encerrada dentro del triángulo localizado sobre el centro histórico de la Plata. (Figura 8)



**Figura 8.** Hogares con NSE alto por radio censal.

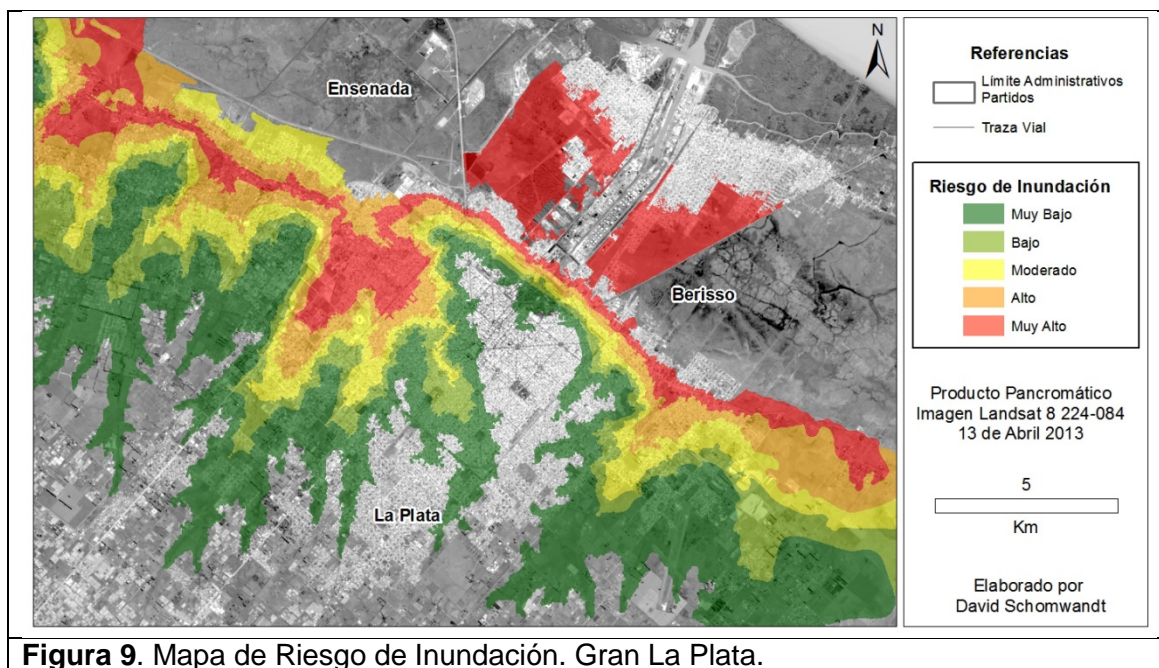
Este último punto se extrae que las causas principales son antrópicas y climáticas debido a un suceso extraordinario. Ya que a partir del MDT se observó que el boulevard que circunda el centro histórico de La Plata se encuentra sobre elevado con respecto al entramado interno de la Ciudad impidiendo el rápido drenaje de la zona, entre otros de los factores señalados en el estudio hidrológico e hidráulico realizado sobre la cuenca del Arroyo del Gato por el equipo de Romanazzi *et al* (2007) cinco años antes del evento. En líneas generales, se proponía *“como primera medida encarar la ampliación de la capacidad de conducción del curso del arroyo del Gato, fundamentalmente desde la Avenida 19 hasta su desembocadura. El revestimiento del tramo inferior del arroyo mejorará las condiciones de escurrimiento. En segunda instancia, concretar la ampliación de conductos troncales existentes y la construcción de nuevos conductos principales. Una vez completadas estas medidas, podrán ampliarse los conductos secundarios y terciarios que se manifiesten insuficientes”*. Sumado al aumento caótico de la superficie construida y a la consecuente disminución de las superficies absorbentes, la pavimentación progresiva de calles y embaldosado de veredas, la pérdida de suelo absorbente por la proliferación de invernaderos, han determinado un aumento del coeficiente de impermeabilidad. Esto hace suponer que la zona sigue vulnerable a eventos extraordinarios similares al ocurrido en el año 2013.

Por otra parte, en función del abordaje técnico realizado con el material proveniente del IGN y la vectorización del entramado de calles del Gran La Plata; se construyó la cartografía preliminar de riesgo de inundación del Gran La Plata. La misma considera las características topográficas, la geomorfología y de una manera indirecta los factores hidrodinámicos, en esa misma línea también, se consideran el riesgo que combina el nivel de agua y las velocidades. De esta manera las áreas con riesgo de inundación que fueron clasificadas como “Muy Alto” riesgo de inundación, reúne el criterio de áreas de menor cota relativa, asociadas a cauces y planicies de inundación actualmente urbanizadas o en proceso de estarlo (**Figura 9**).

Otro factor considerado en la generación de cartografía de riesgo, fue el lapso de tiempo en el cual se mantuvo anegada una porción de la superficie del terreno, esta consideración involucra una serie de factores como es el caso de las características topográficas, que a su vez derivan en la escorrentía o dirección de flujo.

A fin de tener una aproximación del lapso de tiempo de las áreas anegadas, se utilizó teledetección como método indirecto. La imagen Landsat 8 del día 13 de abril de 2013 capturada 11 días posteriores al fenómeno de inundación en Gran La Plata sirvió como indicador de áreas anegadas.





**Figura 9.** Mapa de Riesgo de Inundación. Gran La Plata.

Mediante la interpretación cartográfica y teledetección de usos de suelo y el procesamiento de los datos demográficos se procedió a calcular la población afectada por las áreas críticas de riesgo de inundación identificadas principalmente como “Alto” y “Muy alto” en el Gran La Plata (**Tabla 1**).

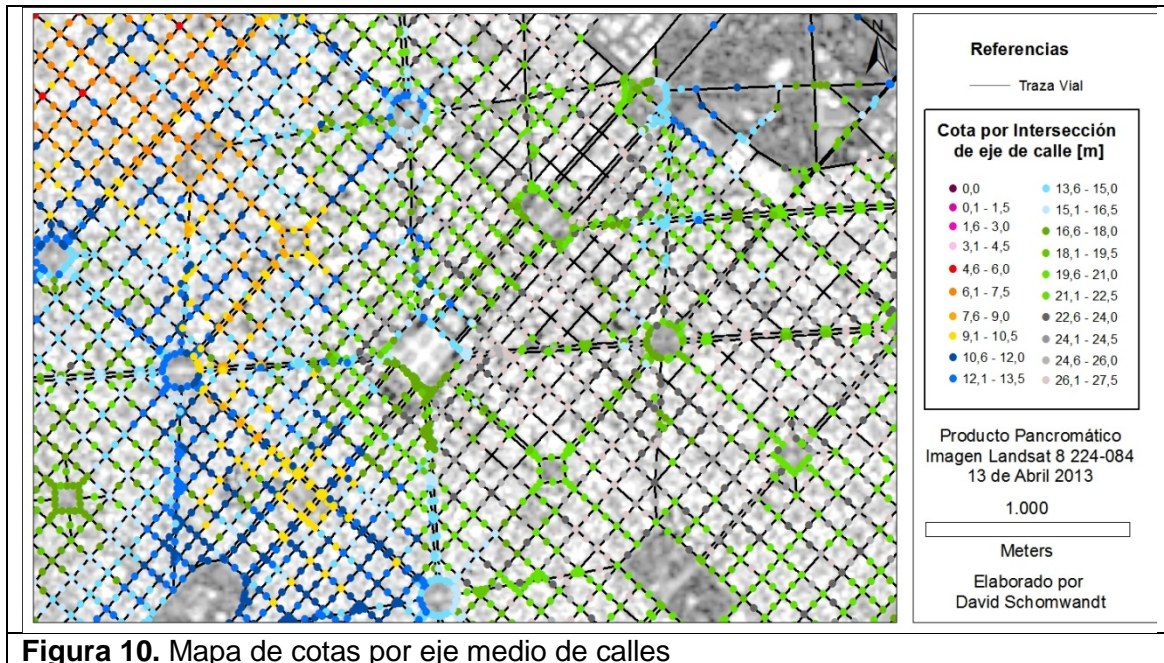
**Tabla 1.** Población afectada por las áreas calculadas con alto riesgo de inundación

| PARTIDO  | % Población | % Hogares | % Hogares con NBI* | %Población Desocupada | Riesgo   |
|----------|-------------|-----------|--------------------|-----------------------|----------|
| BERISSO  | 22,49       | 21,29     | 37,63              | 24,50                 | Muy alto |
| ENSENADA | 21,23       | 20,53     | 21,02              | 22,77                 | Muy alto |
| LA PLATA | 7,16        | 7,03      | 4,87               | 7,41                  | Muy alto |
| PARTIDO  | % Población | % Hogares | % Hogares con NBI* | %Población Desocupada | Riesgo   |
| BERISSO  | 2,70        | 3,06      | 1,91               | 2,38                  | Alto     |
| ENSENADA | 0,24        | 0,24      | 0,25               | 0,18                  | Alto     |
| LA PLATA | 11,06       | 10,73     | 9,53               | 11,11                 | Alto     |

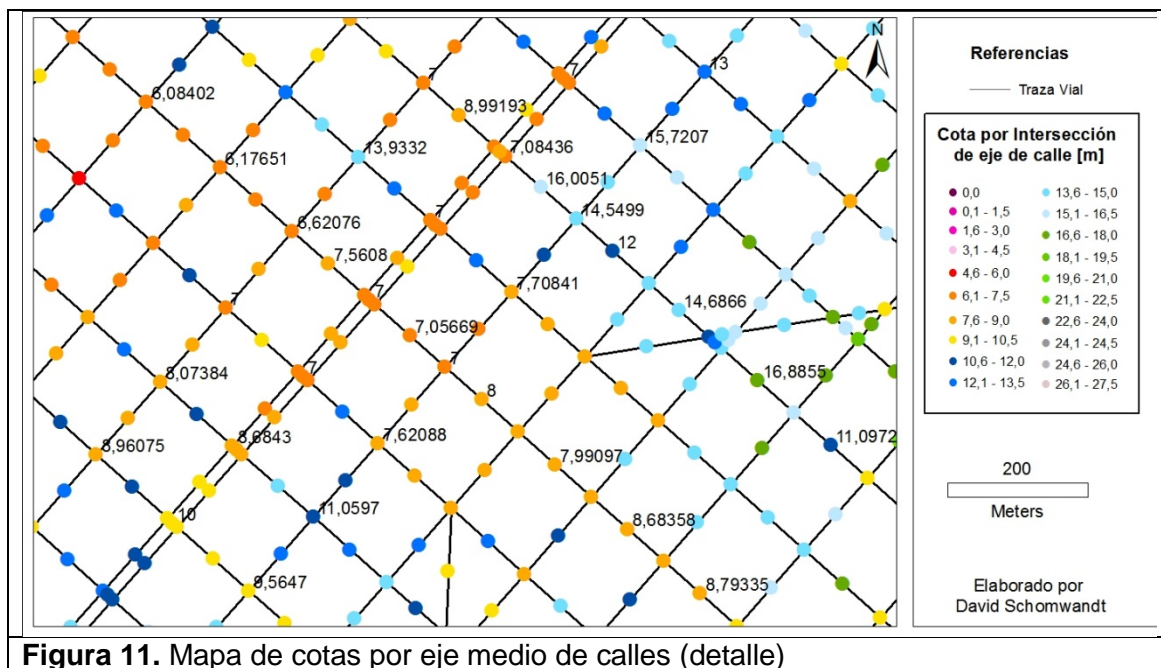
\*NBI: necesidades básicas insatisfechas

La Tabla 1 arroja que un alto porcentaje de la población con elevados porcentajes de NBI y concentrados en las periferias de los núcleos urbanos son susceptibles de ser afectados ante eventos extremos. Por otra parte, según investigaciones anteriores, al efectuarse la superposición entre las zonas Inundables y la Densidad de la Mancha Urbana, se determinó que en el casco fundacional, donde se encuentra la mayor heterogeneidad de densidad, se observan las zonas en donde predominan las áreas caracterizadas con valores de alto riesgo (Andrade *et al*, 2012).

Otro producto obtenido a partir del procedimiento técnico de relacionar la cartografía vectorial del entramado urbano con el MDT fue la obtención del Mapa de Peligrosidad<sup>3</sup> (**Figuras 10 y 11**). En el cual, los valores de las cotas se asocian a la permanencia de la lámina en el tiempo.



**Figura 10.** Mapa de cotas por eje medio de calles

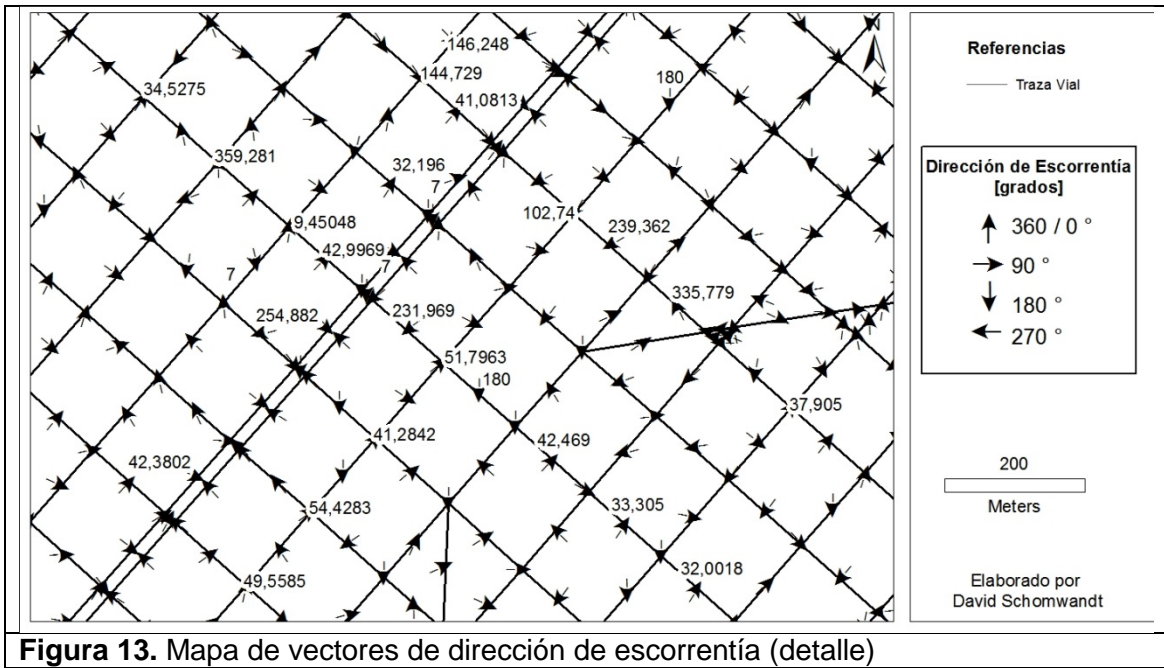
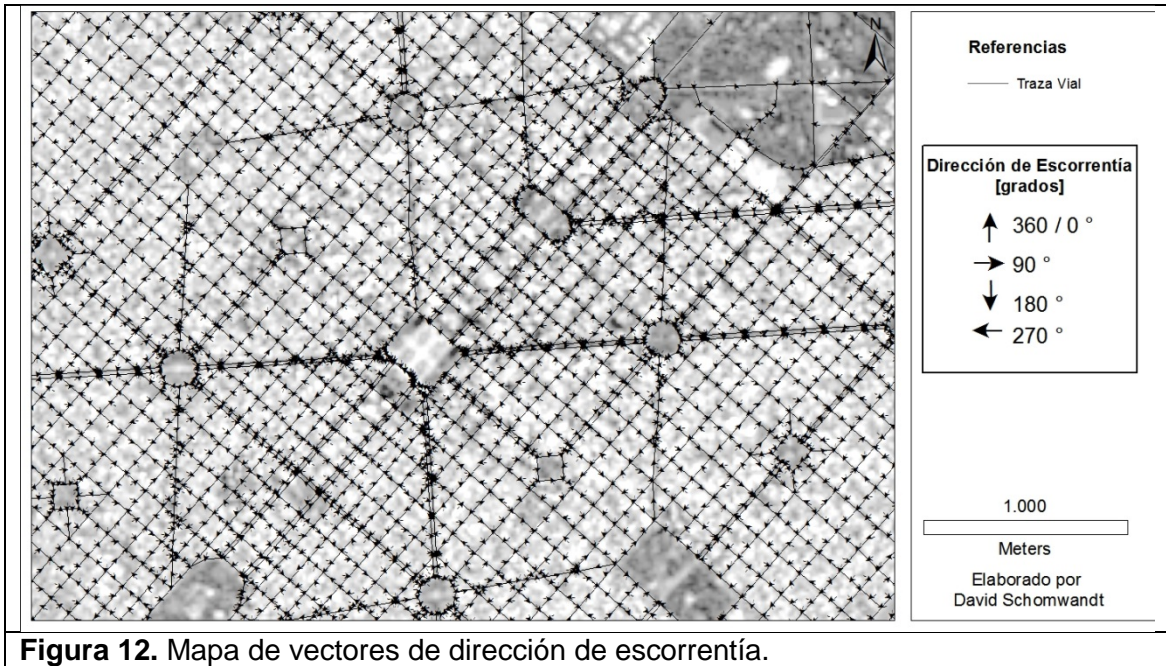


**Figura 11.** Mapa de cotas por eje medio de calles (detalle)

<sup>3</sup> “Los mapas de peligrosidad describen aquellas peculiaridades del suceso que los pueden convertir en más o menos dañino. Por ejemplo, las profundidades y la velocidad del agua, la permanencia de la lámina de agua o la carga de transporte” (Masgrau, 2004).



Mientras que en las **Figura 12 y 13**, se describen cómo los vectores de escorrentía marcan la dirección, la velocidad del agua o la carga de transporte.



### Conclusión

La metodología aportó información sobre la modificación del sistema de drenaje natural debido al proceso de la urbanización, esto a su vez derivó en una primera aproximación de la cartografía en detalle de las áreas de riesgo de inundación en el Gran La Plata.

Se prevé en un futuro, la realización del análisis de las relaciones existentes entre los cambios producidos por el proceso de urbanización sobre la cuenca y la ocurrencia de los

eventos de inundación a fin de cuantificar las áreas expuestas a ser anegadas o inundadas.

En este sentido, se pretende realizar modelos predictivos para evaluar el riesgo hídrico en base a datos de percepción remota, estudios multitemporales y complementados con trabajo de campo de los sectores de peligrosidad natural ocupados por la expansión urbana en la actualidad y considerando las posibles expansiones urbanas en un futuro cercano.

Un aporte que esta investigación pretende llegar hacer a futuro es colaborar con la cartografía de gestión de emergencias, la misma es de fuerte carácter aplicativo por cuanto que su finalidad es la utilización en los procesos operativos de intervención ante la ocurrencia de desastres naturales.

## **Anexo**

Figuras y mapas:

[https://drive.google.com/folderview?id=0B7N\\_O7G00fnBWnB1T1kzZVJZZGM&usp=sharing](https://drive.google.com/folderview?id=0B7N_O7G00fnBWnB1T1kzZVJZZGM&usp=sharing)

## **Bibliografía**

- Andrade, M. I. (2009) *“Aplicación de la TD en la obtención de datos para mitigar la incertidumbre en el riesgo hídrico. Fenómenos de inundaciones y sequías en Buenos Aires, Argentina”*. En: Teledetección. Agua y Desarrollo Sostenible. Editores: Salomón Montesinos Aranda y Lara Fernández Fornos. ISBN 978-84-613-4257-0. Calatayud. Septiembre de 2009.
- Andrade, M.I., Lucioni, N. e Iezzi, L. (2012) *“Factores de riesgo de inundaciones en el Gran La Plata, Argentina”*. En: IX Jornadas Nacionales de Geografía Física. Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, del 19 al 21 de abril de 2012. 14-24 pp. ISBN 978-987-1648-32-0
- INDEC (2010) Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Datos definitivos a nivel de radios censales. Argentina.
- Jenson S. K., J. O. Dominguez. (1988) *“Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis”*. En: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol. 54, N° 11, november 1988, pp. 1593-1600.
- Funtowicz, S. (1994) *“Epistemología política. Ciencia con la gente”*. En: Serie Documentos e Informes de Investigación N° 187, Mayo 1994, FLACSO, Buenos Aires, Argentina.
- Gil, J. *“Informe Técnico: ¿Pueden repetirse catástrofes como el temporal del 2 y 2 de abril en la Región La Plata?”*. En: *Frenemos las demoliciones! Defendamos la ciudad de La Plata*. <http://defendamoslaplata.blogspot.com.ar/2014/03/informe-tecnico-pueden-repetirse.html>. 27 de marzo de 2014.
- Masgrau, L. (2004) *“Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas”*. En: *Doc. Anal. Geogr.* 43. Girona. España
- Romanazzi, P. y Urbiztondo, A. (2007) *“Estudios hidrológicos-hidráulicos-ambientales en la cuenca del Arroyo del Gato”*. En: *IV Jornadas de Saneamiento Pluvial Urbano*. Ciudad de Rosario.